



EESTI MAAÜLIKOOL

Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Sandra Rannakivi**

**FOSFORORGAANILISE INSEKTITSIIDI DANADIM  
SUBLETAALNE MÕJU METSA-SÜSIJOOKSIKU  
PÕHIKÄITUMISTELE**

SUBLETHAL EFFECTS OF ORGANOPHOSPHORUS  
INSECTICIDE DANADIM ON THE BASIC BEHAVIOURS OF  
*PTEROSTICHUS OBLONGOPUNCTATUS*

Bakalaureusetöö

Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekaval

Juhendajad: Enno Merivee *PhD*

Anne Must *PhD*

Karin Nurme *MSc*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1a, Tartu 51014			
Autor: Sandra Rannakivi		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Fosfororgaanilise insektitsiidi Danadim subletaalne mõju metsa-süsijooksiku põhikäitumistele			
Lehekülge: 33	Jooniseid: 7	Tabeleid:0	Lisasid: 1
Õppetool: Taimetervise õppetool			
Uurimisvaldkond: B250; B380: B434			
Juhendaja: Enno Merivee PhD, Anne Must PhD, Karin Nurme MSc			
Kaitsmiskoht ja –aasta: Eesti Maaülikool, 2018			
<p>Jooksiklased on taimekaitseliselt väga olulised mardikalised. Nad on hinnatud oma suure biotõrje efektiivsuse tõttu, hävitades põllukahjureid ning vähendades umbrohtude seemnepanka. Paraku puutuvad nad kokku putukamürkidega, mis on mõeldud kahjurputukate hävitamiseks, kuid võivad avaldavad mõju ka kasuritele. Käesoleva töö eesmärgiks oli selgitada fosfororgaanilise insektitsiidi Danadim subletaalsete kontsentratsioonide mõju metsa-süsijooksiku <i>P. oblongopunctatus</i> põhikäitumistele – lokomotsioonile ja toitumiskäitumisele. Katsemardikate töötlemiseks kasutati fosfororgaanilise insektitsiidi Danadim (toimeaine dimetooat) erinevaid subletaalseid kontsentratsioone (toimeaine kontsentratsioonid 0,0025%; 0,005%; 0,025%). Jooksiklasi töödeldi sissekastmismeetodiga, mis kestis viis sekundit. Katsemardikate käitumist videofilmiti kahel järjestikusel päeval. Tulemused näitasid, et muutused käitumises ja toitumises sõltusid insektitsiidi kontsentratsioonist ja töötlusele järgnenud ajast. Esimesel katsepäeval olid kõik insektitsiidiga töödeldud mardikad hüpoaktiivsed, seda täheldati ka teisel päeval kõigil, va nõrgima kontsentratsiooniga töödeldud loomadel, kes muutusid hüperaktiivseteks. Hüpoaktiivsete mardikate toitumisaktiivsus oli pärsitud mõlemal päeval. Hüperaktiivsete mardikate toitumine ei erinenud kontroll-rühmast. Pärsitud toitumis- ja liikumisaktiivsus tähendab seda, et ka nende bioefektiivsus langeb, nad ei ole võimelised toitu leidma ja hankima.</p>			
Märksõnad: dimetooat, jooksiklased, toitumisaktiivsus, lokomotsioon			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1a, Tartu 51014		Abstract of Bachelor Thesis	
Author: Sandra Rannakivi		Speciality: Production and marketing of agricultural products	
Title: Sublethal effects of organophosphorus insecticide Danadim on the basic behaviours of <i>Pterostichus oblongopunctatus</i>			
Pages: 33	Figures: 7	Tables: 0	Appendixes: 1
Chair: Chair of Plant Health Field of research: B250; B380: B434 Supervisors: Enno Merivee PhD, Anne Must PhD, Karin Nurme MSc Place and date: Estonian University of Life Sciences 2018			
Due to their high biocontrol efficiency, carabids play a crucial role in plant protection. They are natural enemies of many important agricultural insect pests, as well as they reduce local weed seed banks. Inevitably, they are exposed to various pesticides that are meant for pests, yet may also affect beneficial insects. The aim of this study was to assess the sublethal effects of the organophosphorus insecticide Danadim (active ingredient dimethoate) on basic behaviours – locomotion and feeding activity – of <i>P. oblongopunctatus</i> . A dipping method was used to expose, for five seconds, the test beetles to various sublethal concentrations (active ingredient concentrations 0.0025%, 0.005%, 0.025%) of the insecticide. After the treatment, the behaviour of the test beetles was video recorded during two days. Results showed that the changes in feeding and locomotor activity depended on the insecticide concentration and time following treatment. On the first day, all beetles treated with insecticides were hypoactive. They remained the same on the second day, with the exception of the beetles treated with the lowest concentration. Feeding activity was subdued on hypoactive beetles. The feeding activity of hyperactive beetles did not differ from the control beetles. Restricted feeding and locomotor activity causes the decline in bio-efficiency because the carabids are not able to locate and consume food.			
Keywords: dimethoate, carabid beetles, feeding activity, locomotion			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	7
1.1 Taimekaitsevahendite kasutamine põllumajanduses .....	7
1.1.1. Taimekaitsevahendite jäägid mullas, pinna- ja põhjavees.....	8
1.2 Insektitsiidide kasutamine põllumajanduses .....	9
1.2.1 Fosfororgaanilised insektitsiidid.....	10
1.3 Insektitsiidide mõju kasulikele lüljalgsetele.....	11
1.3.1 Mõju füsioloogiale ja arengule .....	11
1.3.2 Pestitsiidide subletaalne mõju kasulike putukate põhikäitumistele .....	13
1.4 Jooksiklased ja nende taimekaitseline tähtsus .....	14
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	16
2.1 Katseloomad .....	16
2.2 Danadim 40 EC .....	16
2.3 Katse kirjeldus .....	17
2.4 Andmetöötlus.....	17
3. TULEMUSED .....	19
3.1 Insektitsiidi Danadim mõju metsa-süsijooksiklaste suremusele .....	19
3.2 Insektitsiidi Danadim subletaalne mõju lokomotoorsele aktiivsusele .....	19
3.3 Insektitsiidi Danadim subletaalne mõju toitumisaktiivsusele .....	21
4. ARUTELU.....	25
5. KOKKUVÕTE .....	27
KASUTATUD KIRJANDUS.....	29
<b>LISA 1. Lihtlitsents</b> .....	<b>33</b>

## SISSEJUHATUS

Tänapäeva põllumajanduses pööratakse suurt tähelepanu keskkonnasäästlikule taimekaitsevahendite kasutamisele ehk integreeritud taimekaitsele. Integreeritud taimekaitset käsitletakse kui keskkonda säästvat ja ökoloogiliselt puhast toodangut tagavat süsteemi, mis piirab taimekahjustajate levikut (Taimekaitsevahendite säästva... 2013).

Taimekaitse seisukohalt omavad suurt tähtsust tolmeldajad, parasitoidid ja röövtoidulised lüliljalgsed. Jooksiklased on oma arvukuse ja liigilise mitmekesisusega ühed tähtsaimad kahjurputukate vaoshoidjad (Kromp, 1999). Põllul tegutsedes võivad nad insektitsiididega kokku puutuda lausa kolmel viisil - läbi otsese kontakti ehk pritsimisvedeliku piiskadega, läbi kaudse kontakti ehk saastunud mulla- või taimeosakestel liikudes või läbi toidu ehk süües preparaadiga kokkupuutunud umbrohuseemneid või kahjureid. Insektitsiidide toime võib olla nii letaalne ehk surmav või subletaalne, mis võib avaldada otsest mõju putukate füsioloogiale ja käitumisele (Thompson, 2003; Goulson, 2013; Pisa *et al.* 2015). Insektitsiidide toimet jooksiklaste põhikäitumistele on uuritud neonikotinoididel ja püretroididel (Goulet, 2003; Mauchline *et al.* 2004; Prasifka *et al.* 2008; Giglio *et al.* 2011; Merivee, *et al.* 2015; Tooming, *et al.* 2017), fosfororgaaniliste insektitsiidide toimet röövlüliljalgsetele on uuritud väga vähe. Tänu kasulike lüliljalgsete olulisusele on tekkinud vajadus uurida pestitsiidide subletaalseid kõrvalmõjusid putukate füsioloogiale ning põhikäitumistele. Teades, missuguseid kõrvalmõjusid preparaadid tekitavad, avaneb meil võimalus täpsemalt hinnata nende mõju putukate taimekaitselisele efektiivsusele.

Käesoleva töö eesmärgiks on selgitada insektitsiidi Danadim subletaalsete kontsentratsioonide mõju metsa-süsijooksiku põhikäitumistele – lokomotsioonile ja toitumiskatiivsusele.

Püstitati hüpoteesid:

- Insektitsiidi Danadim subletaalsed kontsentratsioonid põhjustavad muutusi metsa-süsijooksiku lokomotoorses aktiivsuses.
- Insektitsiidi Danadim subletaalsed kontsentratsioonid pärsvad metsa-süsijooksiku toitumisaktiivsust.

Täna väga oma juhendajaid Anne Musta, Karin Nurmet ja Enno Meriveed – aitäh, et leidsite alati aega abiks olla!

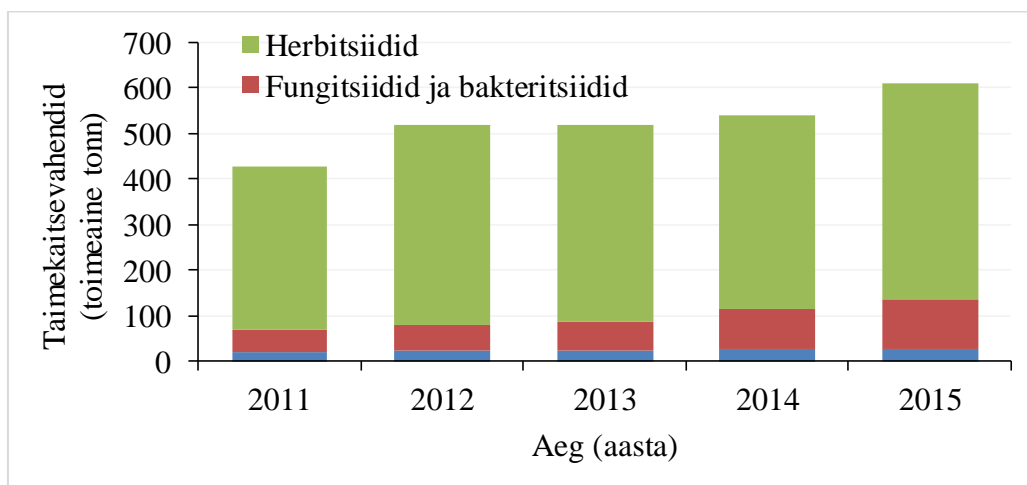
Rahastusallikas: IUT36-2 "Jätkusuutlik taimekaitse: ökosüsteemi teenuste rakendamine taimekasvatustes"

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Taimekaitsevahendite kasutamine põllumajanduses

Põllumajanduses on laialdaselt kasutusel erinevad taimekaitsevahendid, mis jaotatakse kategooriate kaupa kolme peamisse rühma: herbitsiidid ehk umbrohumürgid, fungitsiidid ehk taimehaiguste mürgid ja insektitsiidid ehk putukamürgid (Yadav ja Devi, 2017).

Taimekaitsevahendite kasutamine on Eestis aastast aastasse aina kasvanud (Joonis 1). Herbitsiidide kasutatakse taimekaitsevahenditest enim ning aastate jooksul on nende kasutamine pidevalt suurenenud. Sama võib öelda ka fungitsiidide kohta, mida kasutatakse küll vähem kui herbitsiide, kuid mille kasutamine on samuti kasvutrendis. Võrreldes teiste pestitsiididega on insektitsiidide kasutamine olnud igal aastal ühtlaselt madalaim. Insektitsiide turustati 2015. aasta seisuga 27,6 tonni. 2010. aastal oli see arv aga ca 7 tonni võrra väiksem. Hilisemate aastate kohta andmed puuduvad, kuid statistikaameti pressiteatest võis lugeda, et Eestis turustati 2016. aastal toimeainekogusesse ümberarvestatuna 834 tonni taimekaitsevahendeid, mida on 17% rohkem kui aasta varem. (Statistikaamet, 17.04.2018)



**Joonis 1.** Eestis turustatud taimekaitsevahendid aastatel 2011-2015 (Statistikaamet 10.04.2018).

### 1.1.1. Taimekaitsevahendite jäägid mullas, pinna- ja põhjavees

Taimekaitsevahendite kasutamisega kaasnevad ka ohud keskkonnale, seetõttu on Euroopa Liit igale taimekaitsevahendi toimeainele kehtestanud jäägi piirnormid, mis määratakse võimalikult madalad, ning nad on lubatavast päevasest kogusest reeglina kümneid kuni sadu kordi väiksemad (Maaeluministeerium, 10.04.2018).

Põllumajandusuuringute keskuse mullaseire büroos tehti pikaajaline uuring, kus uuriti põllumuldades olevaid taimekaitsevahendite jääke aastatel 2009–2016. Uuringust ilmnas, et mullas leidub mitmesuguseid taimekaitsevahendite jääke. Taimekaitsevahenditest leiti mullast 2016. aastal enim fungitsiidide jääke (53% kõikidest toimeainetest), järgnesid herbitsiidid (23%) ja kõige vähem leiti insektitsiidide jääke (24%). Insektitsiidide kasutamine on olnud kõrgeim 2010. aastal ning kõige väiksem järgneval aastal, selle põhjusteks võivad olla mitmed tegurid, alustades proovivõtmise ajast kuni korduste arvuni. 2011. aastal leiti insektitsiidide jääke mullast pea 12 korda vähem, kuid järgnevad aastad on see näitaja püsinud stabiilsena. Toimeainete üldkogused jäävad aga alla pinnase saastumise normide ning üldiselt ei lubatust rohkem muldade saastamist toimunud. Küll aga on selgelt näidatud, et kõige enam leidub mullas fungitsiidide jääke. (Penu, P. Põllumajandusuuringute keskus, 10.04.2018).

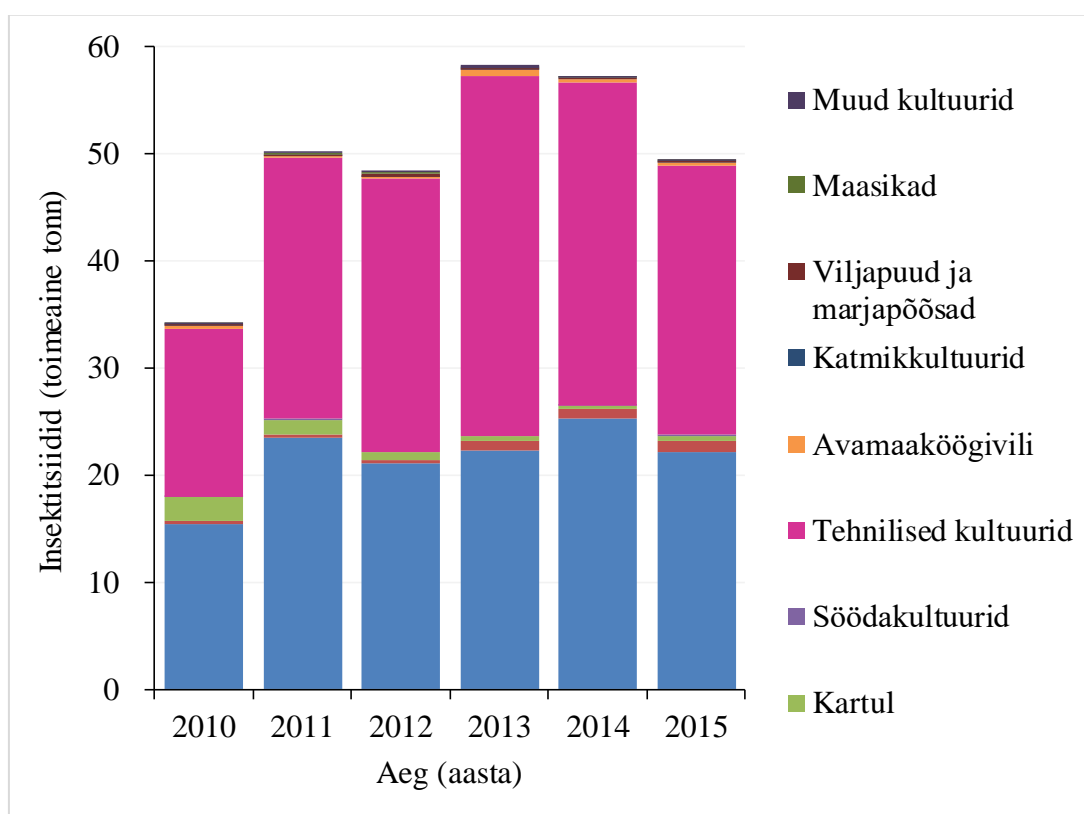
Värskest Keskkonnaministeeriumi tellitud uuringust (Taimekaitsevahendite jääkide sisalduse ja dünaamika uuring pinna- ja põhjavees, 2018) selgub, et taimekaitsevahendite sisaldus pinna- ja põhjavees ületab Eestis nitraaditundlikel aladel tihti piirnorme. Taimekaitsevahendite jääke esines enam kui pooltes proovides. 137 proovist leiti kokku 49 aine jääke. Üheksas uuringupunktis oli pestitsiidide kogus üle 0,5 µg/L (kolmes pinnavee punktis, kahes allikas ja neljas kaevus), lubatud piirnorm on aga 0,1 µg/L.

Uuringu käigus tehtud proovidest leiti insektitsiidide 17 toimeainet ja nende lagunainet. Leitud putukamürkidest 7 on keelatud taimekaitsevahendite nimistus. Insektitsiididest leiti kolmel korral ka tiametoksaami, mille liikuvus on pinnases kõrge ning selle tõttu liigub tiametoksaam pinnase sügavamal olevatesse kihtidesse väga kiiresti. Tiametoksaami põhjavette leostumisel on küll väike tõenäosus, kuid väga suurte vihmasadude korral või kui põllukultuur vajab suures koguses vett on see siiski võimalik (Taimekaitsevahendite jääkide.. 2018).



## 1.2 Insektitsiidide kasutamine põllumajanduses

Kõige laialdasemalt kasutatakse putukamürke tehnilistel kultuuridel nagu näiteks õlikultuuridel (raps, rüps jt.) ja kiukultuuridel (lina, kanep jt.). 2010. aastal kasutati neil kokku 15,6 tonni insektitsiide. 2015. aastaks oli see number aga tõusnud 25 tonnini seega on kasutamine suurenenud 1,5 korda (Joonis 2). Samuti on insektitsiidide kasutamine teraviljadel tõusnud 5 aastaga 1,4 korda. Putukamürkide kasutamine on viie aasta lõikes langenud kartulitel, marjapõõsastel ja viljapuudel (Statistika andmebaas, 20.04.2018).



**Joonis 2.** Insektitsiidide kasutamine Eestis erinevatel kultuuridel aastatel 2010–2015. Andmed on võetud Statistika andmebaasist 10.04.2018.

Tavapäraselt jagatakse insektitsiidid kahte peamisse rühma: süsteemsed ja kontaktseid insektitsiidid. Süsteemsed insektitsiidid imenduvad peale töötlemist taimekudedesse üle kogu taime ning on seetõttu taimtoiduliste kahjurite tõrjeks eriti tõhusad (Buczacki ja Harris, 2010). Samuti on plussiks nende väike kulunorm ning pikaajaline toime. Kontaktseid putukamürke on aga lühiajalised ning toimivad vaid kahjuritega otsekontaktis olles (Yada ja Devi, 2017).

Pestitsiide on võimalik grupeerida ka nende keemilise struktuuri alusel. Näiteks kuuluvad insektitsiidide hulka neonikotinoidid, püretroidid, fosfororgaanilised, karbamaatsed, kloororgaanilised ja paljud teised ühendid. Kõik eelnevalt nimetatud insektitsiidid häirivad erineval moel närvisüsteemi tööd. Neonikotinoidid avaldavad otsest mõju närviraku neuriidile, püretroidid blokeerivad närvirakkudes  $\text{Na}^+$ -kanali tööd, fosfororgaanilised ja karbamaatsed insektitsiidid häirivad atsetüülkoliinesteraasi ning kloororgaanilised insektitsiidid rikuvad  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$  tasakaalu neuronis. Fosfororgaanilised ja karbamaatsed pestitsiidid on vähem mürgised ning seetõttu kasutatakse neid sageli kloororgaaniliste ühendite asemel (Stoytcheva, 2011).

### **1.2.1 Fosfororgaanilised insektitsiidid**

Fosfororgaanilised insektitsiidid on suur sünteetiliste insektitsiidide klass, kuhu kuuluvad kloorpüriifos, diazinoon, dimetoaat, fennitrotioon, heptenofos ja malatioon. Mõned neist on süsteemse ja/või translaminaarse toimega, mis teeb neist väga tõhusa tõrjevahendi taimemahladest toituvate kahjurite ja teiste varjatud eluviisiga kahjurputukate hävitamisel (Stephenson *et al.* 2006).

Fosfororgaaniliste ühendite vastu hakati põhjalikumalt huvi tundma Teise maailmasõja ajal, kuna need ained toimivad närvimürkidenä ja nende toime on nii putukatel kui ka inimorganismidel sarnane. Fosfororgaanilised pestitsiidid mõjuvad närvisüsteemile lõhkudes mediaatorite tööd reguleerivaid ensüüme, pärssides elutegevuseks olulise ensüümi atsetüülkoliinesteraasi (AChE) aktiivsust. AChE on ensüüm, mida on leitud nii putukatest kui ka inimestest. See on organismile hädavajalik, et tagada närvirakkude korrapärane toimimine, mille käigus lagundatakse neurotransmitter atsetüülkoliin algsadeks – atsetaadiks ja koliiniks (Roberts ja Hudson, 1999).

#### **1.2.1.1 Dimetoaat ja selle kasutamine**

Dimetoaat on süsteemne fosfororgaaniline insektitsiid, mis liigub kiiresti kõikidesse taime osadesse ning avaldab putukatele mõju nii otsekontaktis olles kui ka taimeosakesi süües.

Tema poolestusaeg erinevates kultuurtaimedes on jäänud 1–7 päeva vahele. Happelises keskkonnas (pH 2–7) on dimetootat võrdlemisi stabiilne, aluselises keskkonnas hüdroliüsub kergesti. Ideaalsetes tingimustes on lõplikuks laguproduktiks CO<sub>2</sub>, ent vaheühendeid, mis tekivad, on uuritud vähe (Robert ja Hudson, 1999; Dauterman *et al.* 1960). Fosfororgaanilisi insektitsiidide, mille toimeaineks on dimetootat, kasutamine on olnud sellel kümnendil vahemikus 12 tonnist kuni 18 tonnini. (Statistika andmebaas, 16.04)

### **1.3 Insektitsiidide mõju kasulikele lüljalgsetele**

Putukamürgid on küll välja töötatud kahjurputukate tõrjeks, kuid paratamatult puutuvad nendega kokku ka kasulikud organismid. Maapinnal liikuvad kasulikud lüljalgsed teevad seda kolmel erineval viisil: läbi otsese kontakti, läbi kaudse kontakti või läbi toidu. Otsene kontakt, tähendab seda, et kokkupuude toimub pritsimisvedeliku piisakestega. Kaudne kontakt aga seda, et kokkupuude toimub piiskadega saastunud mulla- või taimeosakestel liikudes. Toidu kaudu ehk preparaadiga kokkupuutunud putukaid või umbrohuseemneid süües (Kunkel *et al.* 2001; Prasifka *et al.* 2008).

Insektitsiidide mõju on enam uuritud tolmeldajatele ja parasitoididele ning vähemal määral röövtoidulistele putukatele. Taimekaitsevahendi mõju putukatele sõltub doos/kontsentratsioonist ning see võib olla kas otsest surma tekitav ehk letaalne või subletaalne. Subletaalne doos on annus, millega putukas peale kontaktis olemist ellu jääb, kuid mis võib esile kutsuda mitmeid biokeemilisi-, füsioloogilisi-, põhikäitumist ja närviotsesse mõjutavaid muutusi (Thompson, 2003; Goulson, 2013; Pisa *et al.* 2015). Putukatel võivad tekkida ka kõrvalnähud nagu näiteks: toitumis-, munemis- ja paaritumishäired, värisemine ja krambid (Kunkel *et al.* 2001; Mauchline *et al.* 2004; van Toor, 2006; Bayley, 2002).

#### **1.3.1 Mõju füsioloogiale ja arengule**

Insektitsiidide toimet putukate biokeemiales on uuritud taimekahjurite looduslikel vaenlastel ning tolmeldajatel. Viimastega on läbi viidud põhjalikumaid uuringuid, sest

nende biokeemiliste süsteemide kohta on teadlastel rohkem infot. Eksperimendis mõõdeti mesilaste ensüümide aktiivsust enne ja pärast pestitsiididega kokku puutumist. Tulemused näitasid, et pärast fenitrotiooni (fosfororgaaniline ühend) ja tsüpermetriini (püretroid) süstimist langes mesilastel  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPaasi ja AChE aktiivsus (Bendahou *et al.* 1999).  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPaas (naatrium-kaalium pump) on oluline transmembraanne ensüüm, mis aitab rakkudel väliskeskkonnast tulevaid signaale vastu võtta ning nendele reageerida, seega võivad püretroidide poolt tekitatud  $\text{Na}^+$  ja  $\text{K}^+$  ionide häired kahjustada erinevaid rakkude funktsioone. Samuti on Papaefthimiou ja Theophilidi (2001) uuringutes näidatud, et püretroid deltametriin kutsub esile südamelihaste rakkude häireid, muutes südame kokkutõmmete sagedust.

Varasemad katsed fosfororgaaniliste insektitsiididega on näidanud, et fosfororgaanilised insektitsiidid põhjustavad häireid putukate füsioloogias. Näiteks on katsed jooksiklastega näidanud, et emastel putukatel, keda töödeldi mitmeid aastaid dimetoadiga, oli oluliselt väiksem kehakaal kui neil, kes elasid tavapõldudel (Giglio *et al.* 2011).

George ja Ambrose (2004) katses töödeldi fosfororgaaniliste insektitsiidide (dimetoaat, metüülparatioon, monokrotofoss ja kvinalfiss) subletaalsete annustega röövlutika *Rhynocoris kumarii* valmikuid. Pärast töötlemist tekkisid valmikutel munasarjade ja seedekulgla arenguhäired. Lisaks põhjustasid fosfororgaanilised insektitsiidid veel vakuoolide tekkimist spermatotsüütides ja munasarjade germaariumis ning ka röövputukate suuruse vähenemist.

Samuti avaldavad insektitsiidid veel mõju putukate arengule, häirides neurotoksiliste ainete närvikudede arengut ning seeläbi mõjuvad nad ka populatsioonile ning munemisele (Desneux *et al.* 2007). Insektitsiidid mõjutavad ka parasitoidide hormonaalset tasakaalu, mille kaudu väheneb ka nende suutlikkus leida peremeest (Stapel *et al.* 2000). Pestitsiidid kiirendavad parasitoidide arengukiirust, kuid kiirem areng on parasitoidide puhul äärmiselt ohtlik, sest kaob sünkroonsus peremehe ilmumisega (Schneider *et al.* 2004).

### 1.3.2 Pestitsiidide subletaalne mõju kasulike putukate põhikäitumistele

#### 1.3.2.1 Lokomotsioon

Peaaegu kõik loomad on võimelised liikuma. Liikumine on aluseks mitmele olulisele elutegevusele nagu näiteks elupaikade otsingule, rändele, põgenemiskäitumisele, termoregulatsioonile, paarilise- ning toiduotsingutele. Toidu leidmine ning selle tarbimine on primaarne vajadus ning ellujäämiseks määrava tähtsusega tegevus. Samuti on söömine oluline ainevahetuse korrapäraseks toimimiseks ning organismi arenguks.

Kasulike lüljalgsete liikuvust pärast kokkupuudet pestitsiididega on uuritud vanemas kirjanduses vaid vaatluste teel, seepärast puuduvad ka täpsed mõõtmistulemused koos kvantitatiivsete andmete ja statistiliste analüüsidega. Küll aga on uuemates katsetes uuritud püretroidide mõju jooksiklaste liikumisaktiivsusele. Tooming *et al.* (2017) katse püretroididega näitas, et lühiajaline (10 sek) kokkupuude maksimaalse põllul lubatava kontsentratsiooniga (750 mg/L) põhjustas 100% süsi-ketasjooksiklaste suremuse. Madalate kontsentratsioonide korral (0,01–100 mg/L) jäid mardikad ellu, kuid neil täheldati lühiajalist (<2h) lokomotoorset hüperaktiivsust, millele järgnes pikaajaline (>24h) lokomotoorne hüpoaktiivsus. Samuti on täheldatud erinevaid pestitsiidide poolt tekitatud mõjusid nagu otsese mürgistusega kaasnenud *knock-down* efekt, värisemine, ülemäärane puhastuskäitumine, koordineerimishäired ja kairomoon-kommunikatsioonihäired (Desneux, 2007).

Kvantitatiivselt on uuritud imidaklopriidi mõju mesilaste motoorsele aktiivsusele. Uuringust leiti, et imidaklopriidi kahjulik mõju motoorsele aktiivsusele sõltus insektitsiidi doosist. Väikseima doosiga (1,25 ng mesilase kohta) motoorne aktiivsus suurenes, samas kui suuremate dooside puhul (2,5–20 ng mesilase kohta) mesilaste liikumisaktiivsus langes (Suchail *et al.* 2001).

#### 1.2.1.2 Toitumine ja toiduotsing

Pestitsiidid võivad häirida nendega kokku puutunud putukate toitumist kolmel erineval viisil. Esiteks võivad pestitsiidid vähendada putukate haistmisvõimet, mille tagajärjel ei

pruugi nad toitu üles leida. Teiseks on tõestatud, et osadel pestitsiididel on repellentne toime, mis peletab neid toidust eemale. Kolmandaks sunnivad mõningad pestitsiidid oma söömist pärssiva toime abil putukaid vähem sööma. Seega võivad häired parasitoidide ja röövtoiduliste putukate toitumiskäitumises vähendada nende, kui looduslike vaenlaste, tõhusust (Desneux, 2007).

Taimekahjurite looduslikud vaenlased veedavad suure osa oma elust peremehe või saagi otsinguil, seepärast on orienteerumisvõime neile ülimalt olulise tähtsusega. Orienteerumisvõime on täielikult seotud närvisüsteemiga, mille tavapärane talitlus on suuresti mõjutatav neurotoksilistest insektitsiididest (Desneux, 2007). Stapel (2000) leidis et kui parasitoid *M. croceipes* tarbis insektitsiididega (imidaklopriid või aldikarb) saastunud puuvilja nektarit, siis oli tema reaktsioon peremeestaime lõhnadele vastavalt 71% ja 62% väiksem võrreldes kontrolliga.

## 1.4 Jooksiklased ja nende taimekaitseline tähtsus

Jooksiklased (*Carabidae*) on mardikaliste seltsi üks suuremaid sugukondi. Nad on sihvakad pikkade jalgadega enamasti tumedakehalised mardikad, kes liiguvad kiiresti ning kelle sugukonda kuulub enam kui 20 perekonda. Teadaolevalt on neid üle 40 000 liigi (Silfverberg, 2004), Eestis on leitud ligi 275 (Haberman, 1968). Geograafiliselt on jooksiklased levinud kõikides ökosüsteemides. Enamik jooksiklastest on aktiivsed öösel või videvikus, päevaks peidetakse end varjulistesse kohtadesse. Sellest tulenevalt on öise eluviisiga putukad tumedamat värvi ning päevase aktiivsusega jooksiklased heledamad. Arenemistsükkel on enamustel liikidel veidi üle aasta, suurematel liikidel maksimaalselt 3 aastat. Umbes 75% Eesti liikidest toimub paljunemine kevaditi (Haberman, 1968). Kõige liigirikkamaks jooksiklaste perekonnaks Eestis on pisijooksik (*Bembidion*), keda on leitud üle 41 liigi. Enamus pisijooksikuid on tänu oma suurusele (2–7,5 mm) raskesti määratavad. Eesti põldudel esineb arvukamalt jooksikuid süsijooksikute (*Pterostichus*), kuivajooksikute (*Amara*), ehmesjooksikute (*Harpalus*), ketasjooksikute (*Agonum*), varjekaevurite (*Clivina*), haakjooksikute (*Trechus*), käävikjooksikute (*Calathus*), pungsilmade (*Notiophilus*), teojooksikute (*Cychrus*) ja jooksikute (*Carabus*) perekondadest (Haberman, 1968).

Jooksiklased on segatoidulised putukad, kes tarbivad oma toiduks nii teisi putukaid kui ka taimset toitu ning nad omavad taimekaitseliselt suurt tähtsust, sest erinevates kooslustes

elades reguleerivad nad taimtoiduliste putukate arvukust. Tänu mitmekesisele toiduvalikule, võivad nad liikuda põllu servaaladelt põllu sisealadele juba varakevadel, kui kahjurputukaid on veel vähe. Jooksiklastel on sooleväline seedimine – seedenõret lastakse suu kaudu ohvri kehasse ning imetakse sealt poolseeditud toitu. Nad võivad süüa lehetäisid, hiilamardika mullas olevaid vastseid, vaarikamardika tõuke ja veel paljusid teisi kahjurputukaid kellest jõud üle käib (Kromp, 1999).

Jooksiklaste menüüsse kuuluvad ka umbrohuseemned, mis on muutnud nad põllumajandusvaldkonna silmis suurteks kasutegijateks. Nimelt on seemnetoidulisus ehk granivooria üks peamisi ühe- ja mitme-aastaste taimede umbrohuseemnete hukkumise põhjuseid. Positiivselt mõjub ka see, et jooksiklased on väga suure isuga. Suudavad päevas süüa umbes 0,5 g toitu, mis ületab tema enda kehakaalu 3,2 kordselt (Scherney, 1995). Seemnetest toituvad nii valmikud kui ka vastsed ning nad võivad tarbida 1000-4000 seemet m<sup>2</sup>/päevas (Johnson ja Cameron, 1969; Thiele, 1977; Laroche, 1990).

## **2. MATERJAL JA METOODIKA**

### **2.1 Katseloomad**

Katseloomadena kasutati metsa-süsijooksiklasi (*Pterostichus oblongopunctatus*). Tegemist on metsaliigiga, kes eelistavad kergelt niisket ning happelisemat huumuserikast mulda.

Elab nii okas- kui lehtpuu metades ning põlluäärsetes hekkides (GAC, Ed. 2009). Levinud kogu Euraasias. Nende keha pikkus on keskmiselt 9,5–12,6 mm (Löbl ja Smetana, 2003).

Metsa-süsijooksikud korjati hilissügisel 2017 nende talvituspaikadest. Kogutud katsemardikaid säilitati 5 °C juures külmkapis, plastikkarpides mõõtudega 20 × 30 × 10 cm, mis olid täidetud pruunmädanikuga nakatunud puidu niiskete tükikestega.

### **2.2 Danadim 40 EC**

Danadim 40 EC on kontaktse ja süsteemse toimega insektitsiid ja akaritsiid, mille toimeaineks on dimetoot 400 g/L. Toimeaine imendub taimedesse juurte, varte ja lehtede kaudu ning liigub mööda juhtkudesid taime tippu. Tänu sellele on võimalik hävitada raskesti tõrjutavaid ja varjatud eluviisiga taimekahjureid. Preparaadi toime ja efektiivsus kestab 15–20 päeva pärast pritsimist ning pritsimiskordade arv sõltub kasvatatavast kultuurist. Konkreetse insektitsiidiga on võimalik tõrjuda imemissuistega putukaid (lehetäid, ripslased), lestasid, liblikate ja lehevaablase esimestes kasvujärgkudes olevaid vastseid ning kahetiivaliste ja öölaste vastseid. Antud preparaati ei tohi kasutada dekoratiivtaimedel, mis on kõrgemad kui 50 cm ning pinnaveekogude juures, mis on 15 m läheduses (Põllumajandusamet, Danadim® 40 EC Taimekaitsevahend Insektoakaritsiid, 10.04.2018).



## 2.3 Katse kirjeldus

Katses kasutati insktsiidi Danadim 40 EC, mille toimeaineks on dimetooat 400 g/L. Katsed tehti kolme erineva toimeaine kontsentratsiooniga: 0,0025%, 0,005% ja 0,025%, mis olid põllukontsentratsioonidest vähemalt 10 korda lahjemad.

Katses kasutati sissekastmismeetodit (Saba, 1971; Helle ja Overmeer, 1985). Katsemardikaid oli kokku 72, kes jaotati võrdselt nelja gruppi, 18 putukat ühes grupis, ning kasteti seejärel 5 sekundiks vastavasse lahusesse. Kontrollgrupi mardikad kasteti samal meetodil destilleeritud vette.

Töötluste järgselt asetati katsemardikad Petri tassidesse (läbimõõduga 85mm), mis olid kaetud veega niisutatud filterpaberitega (Whatman International Ltd., Maidstone, England), et tagada mardikatele eluks vajalikud niiskustingimused. Petri tassid asetati kontrollitud tingimustega (temperatuur 21,5 °C, valgustugevus 1000 lx) ruumi. Filmimiseks kasutati veebikaamerat (USB Logitech HD Pro Webcam C920, Logitech Inc. USA) ja Debut Video Capture (NCH Software, USA) programmi.

Katsemardikate käitumist filmiti kahel päeval. Vahetult pärast töötlust toimus esimene filmimine, mis oli neli tundi pikk, ning seejärel filmiti loomi kaks tundi toiduga. Tarbitud toiduhulga leidmiseks kasutati elektroonilist kaalu AS 220/X (RADWAG Wagi Elektroniczne, Poola). Toiduks kasutati kahetiivaliste vastsete homogeniseeritud massi. 24 tundi pärast töötlust filmiti katsemardikaid uuesti kaks tundi ilma ja kaks tundi koos toiduga ning seejärel jälgiti loomade suremust nelja järgneva päeva jooksul.

## 2.4 Andmetöötlus

Salvestatud videofailide analüüsimiseks kasutati spetsiaalset arvutitarkvara EthoVision XT Versioon 11 (Noldus Information Technology, Wageningen, Holland), mille abil mõõdeti järgmisi parameetreid – lokomotoorset aktiivsust väljendatuna läbitud tee pikkusena, toiduallika külastuste arvu, toiduallika juures viibimise aega ning preparaadi mõju tagajärjel hukkunud mardikate arvu.

Andmeanalüüsiks kasutati programmi Statistica 13,3 (StatSoft, USA). Parameetrite keskmiste võrdlemisel kasutati ANOVA dispersioonanalüüsi, LSD testi.

### **3. TULEMUSED**

#### **3.1 Insektitsiidi Danadim mõju metsa-süsijooksiklaste suremusele**

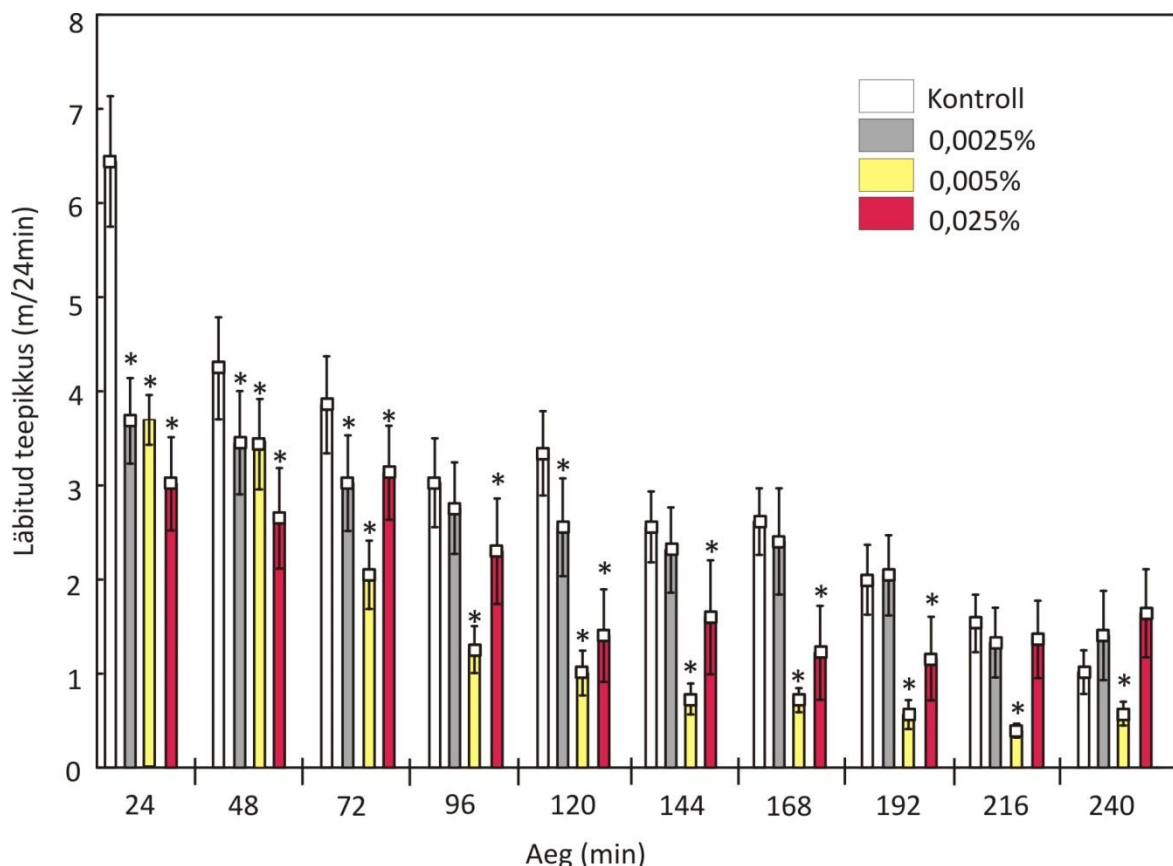
Mardikate suremust jälgiti mõlemal katsepäeval ning videofilmimisele järgnenud nelja päeva jooksul. Danadimi kõige kangema kontsentratsiooniga (0,025%) töödeldud mardikatest kolm suri teisel päeval ning 12 lisandus järgmisel päeval. Kokku suri 15 looma 18st ehk suremuseprotsent kuuenda päeva lõpuks oli 83,3%. Danadimi keskmise kontsentratsiooniga (0,005%) täheldati suremust neljandal päeval, kui suri 2 isendit, suremuseprotsent 11,1%. Kõige nõrgema kontsentratsiooniga töödeldud putukatel suremust ei esinenud.

#### **3.2 Insektitsiidi Danadim subletaalne mõju lokomotoorsele aktiivsusele**

Fosfororgaanilise insektitsiidiga töödeldud mardikate ja töötlemata kontrollmardikate lokomotoorset aktiivsust filmiti kahe päeva jooksul. Esimesel katsepäeval filmiti mardikaid vahetult pärast preparaadiga kokkupuutumist 4 tunni vältel, teisel päeval aga 2 tunni vältel. Lokomotoorse aktiivsuse näitajana kasutati mardikate poolt 24 min (1. katsepäev) ja 12 min (2. katsepäev) jooksul läbitud keskmisi teepikkusi.

Videofailide analüüsimine näitas, et dimetooadi mõju lokomotoorsele aktiivsusele sõltus nii kontsentratsioonist kui ka töötlemisele järgnenud ajast. Esimesel katsepäeval läbisid kontrollmardikad 24 min jooksul teepikkuseid vahemikus 1– 6,4 m-ni (Joonis 3). Kõige nõrgema kontsentratsiooniga (0,0025%) töödeldud mardikad läbisid aga 1,3–3,8 m ning muutusid kohe pärast töötlust hüpoaktiivseteks ehk nende liikumisaktiivsus vähenes, kuid neljanda tunni lõpuks olid mardikad taastunud ning nende liikumisaktiivsus kontrollmardikatest ei erinenud. Keskmise kontsentratsiooniga (0,005 %) putukad läbisid

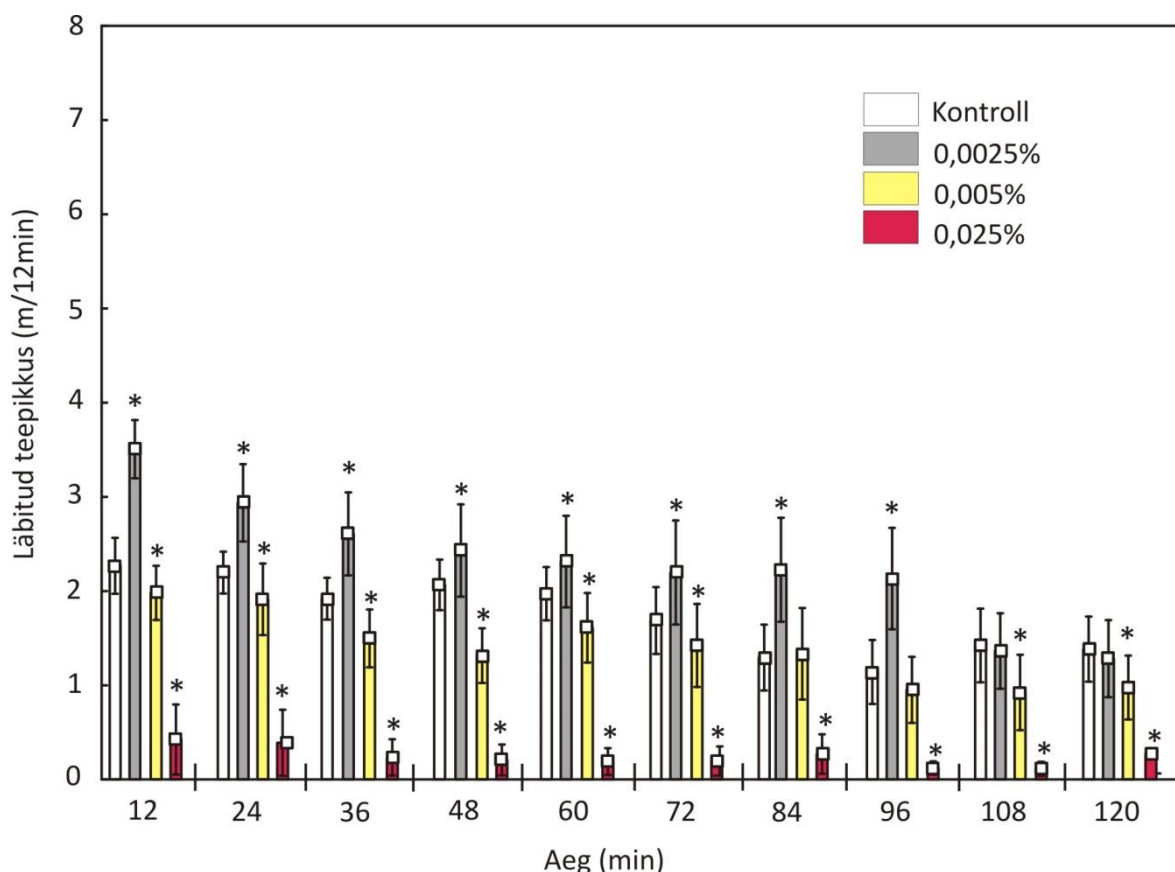
0,4 –4,7 m ning muutusid 72. minutil lausa kaks korda aeglasemateks kui kontrollmardikad ning seda kuni filmimise lõpuni. Kõige tugevama kontsentratsiooniga (0,025%) töödeldud mardikad läbisid 1,1–3,1 m ning muutusid kohe pärast insektitsiidiga töötlemist hüpoaktiivseteks. Neljanda tunni lõpuks oli nende käitumine normaliseerunud ning nad käitusid kontrollrühma mardikatega sarnaselt (Joonis 3).



**Joonis 3.** Metsa-süsijooksiku lokomotoorse aktiivsuse dünaamika vahetult pärast töötlust dimetooadi subletaalse kontsentratsioonidega. Lokomotoorne aktiivsus on väljendatud läbitud teepikkusena meetrites 24 minut kohta. Vertikaaljooned näitavad keskmiste standardviga. Tärnidega on tähistatud usaldusväärsed erinevused kontrollist (Kruskal-Wallis ANOVA;  $p < 0,05$ ;  $N=72$ ).

Teisel päeval olid mardikad endiselt hüpoaktiivsed väljaarvatud kõige nõrgema kontsentratsiooniga töödeldud mardikategrupp, kes olid esimese pooleteist tunni jooksul hüperaktiivsed, mis tähendab, et läbisid kontrollrühmaga võrreldes kuni 1,5 korda pikemaid vahemaid. Hiljem nende aktiivsus langes ning 108. minutiks oli normaliseerunud kontrollmardikatega samale tasemele. Keskmise kontsentratsiooniga töödeldud mardikad

olid endiselt hüpoaktiivsed. Kõige tugevama kontsentratsiooniga töödeldud mardikad olid katse teisel päeval hüpoaktiivsed. Samal ajal, kui kontrollmardikad läbisid keskmiselt 1,7 m siis tugevaima töötlusega mardikate läbitud vahemaa oli umbes 9 korda väiksem ehk 0,2 m (Joonis 4).

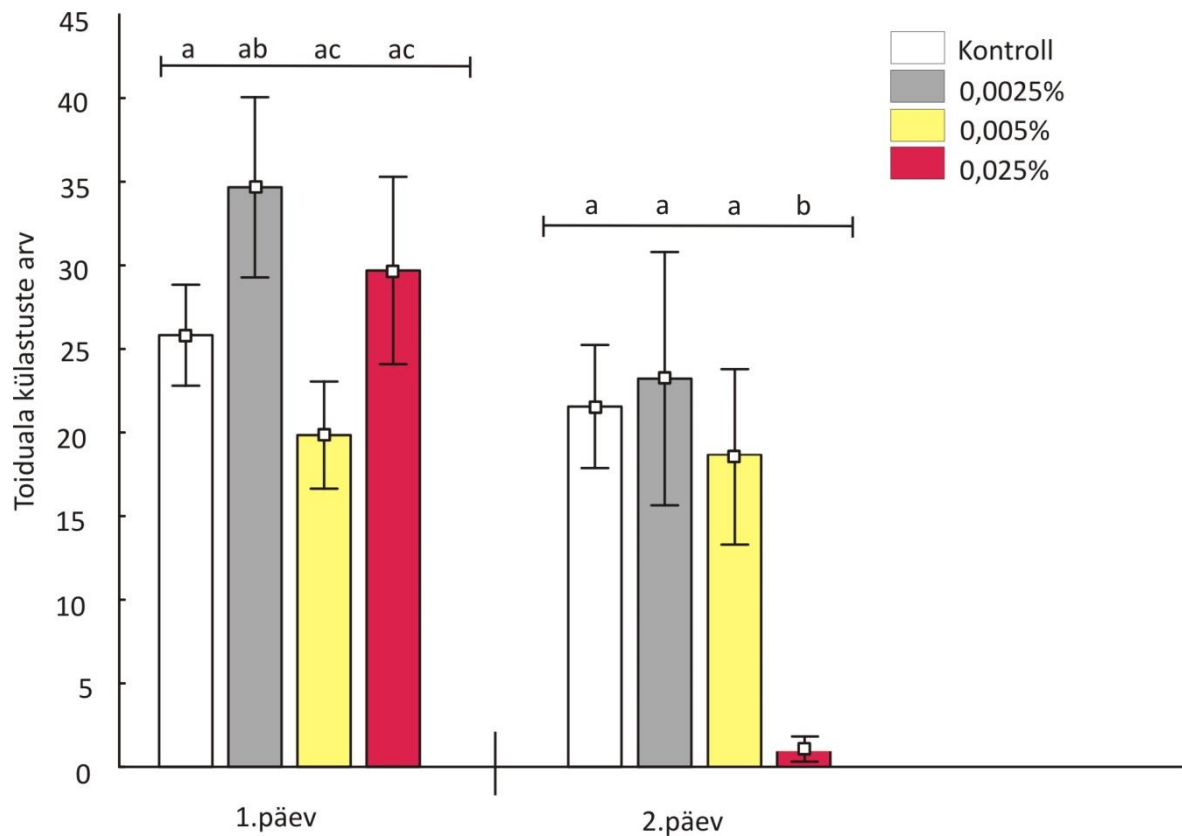


**Joonis 4.** Metsa-süsijooksiku lokomotoorse aktiivsuse dünaamika teisel päeval. Lokomotoorne aktiivsus on väljendatud läbitud teepikkusena meetrites 12 minut kohta. Vertikaaljooned näitavad keskmiste standardviga. Tärnidega on tähistatud usaldusväärsed erinevused kontrollist (Kruskal-Wallis ANOVA;  $p < 0,05$ ;  $N = 72-69$ ). Korduste arvu vähenemine teisel päeval oli tingitud Danadimiga töödeldud mardikate osalisest suremusest katse käigus.

### 3.3 Insektitsiidi Danadim subletaalne mõju toitumisaktiivsusele

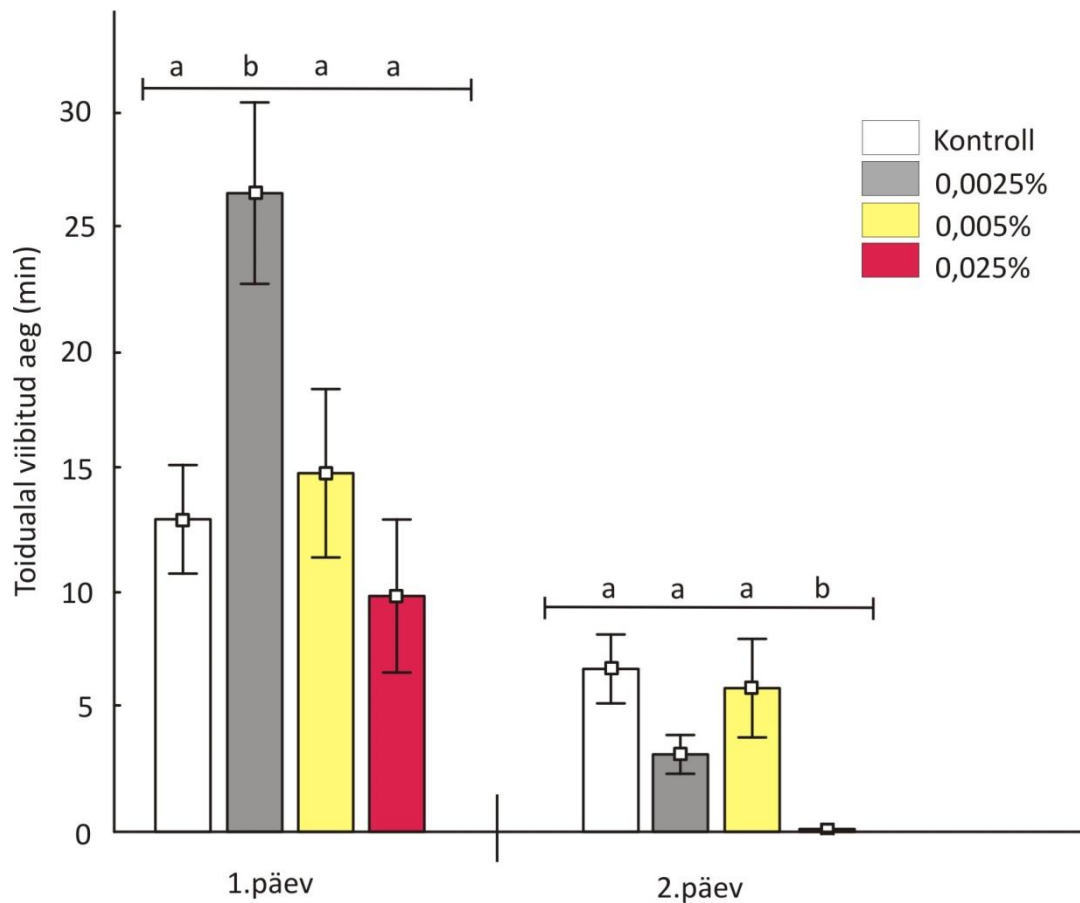
Katsemardikate toiduala külastamist mõõdeti kahel päeval, mõlemal päeval kaks tundi. Parameetritena vaadeldi mardikate toiduala külastatavust, seal viibitud aega ning tarbitud toidu kogust. Esimesel päeval külastasid kõige nõrgema kontsentratsiooniga töödeldud mardikad toiduala 10 võrra rohkem, kui kontrollmardikad. Teisel päeval külastatavuse arv

kontrollist ei erinenud. Keskmise kontsentratsiooniga töödeldud mardikad külastasid toiduala esimesel päeval 5 võrra vähem ning teisel päeval võrdselt kontrollmardikatega. Kõige tugevama kontsentratsiooniga töödeldud mardikad aga külastasid toiduala esimesel päeval ca 5 võrra rohkem ning teisel päeval lausa 23 külastuse võrra vähem (Joonis 5).



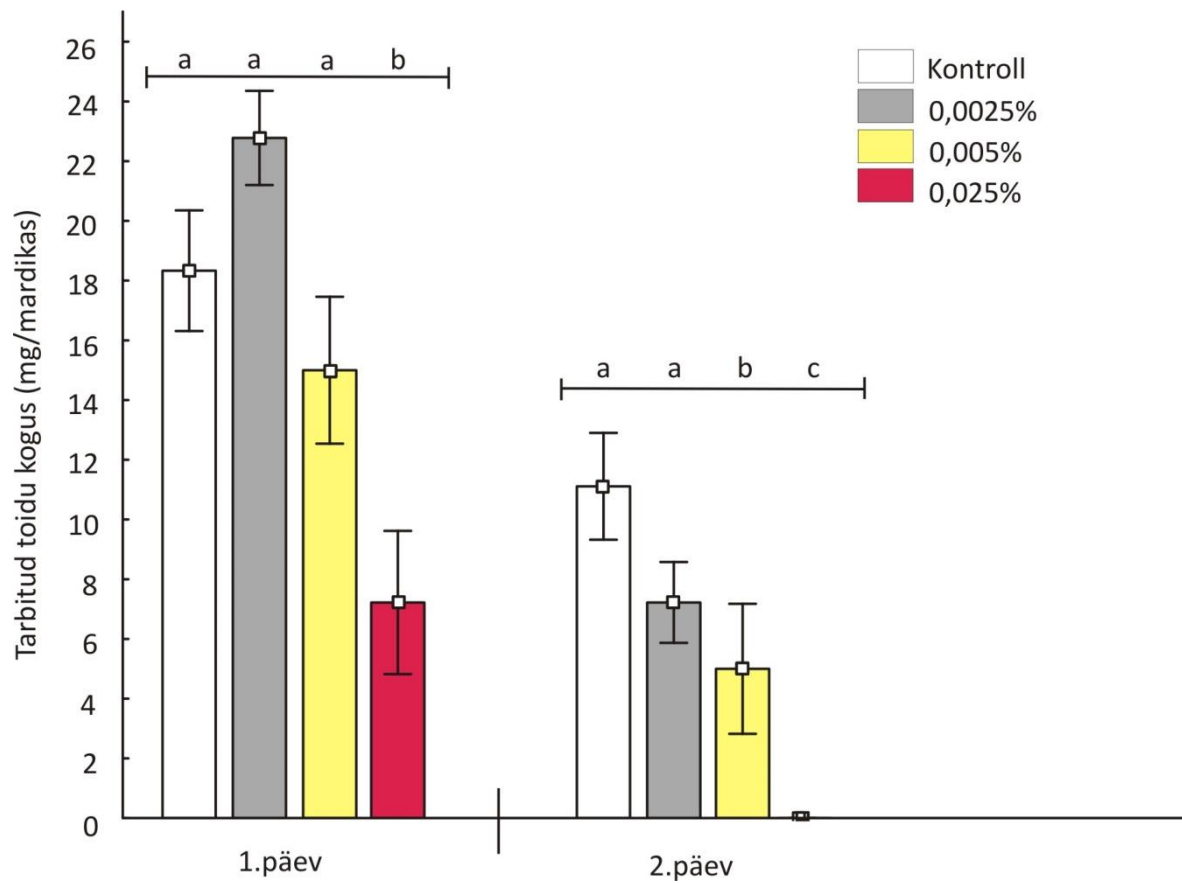
**Joonis 5.** Dimetooadi subletaalse kontsentratsioonide mõju toiduala külastatavuse arvule metsasüsi jooksiul. Kahe tunni vältel mõõdeti kahel erineval päeval mardikate toiduala külastatavuse arvu. Erinevad tähed tulpade kohal tähistavad statistiliselt usaldusväärset erinevust töötluste vahel (ANOVA;  $p < 0,05$ ;  $N = 72-69$ ). Vertikaaljooned näitavad keskmiste standardviga.

Kõige nõrgema kontsentratsiooniga mardikad veetsid esimesel päeval toidualal kaks korda kauem aega, kui kontrollmardikad. Teisel päeval erinevus kontrollmardikatest puudus. Keskmise kontsentratsiooniga töödeldud mardikad käitusid nii esimesel kui ka teisel päeval sarnaselt kontrollrühmale. Kõige tugevama kontsentratsiooniga töödeldud loomadel esimesel päeval erinevusi kontrollputukatest ei esinenud, kuid teisel päeval viibisid kontrollmardikad toidualal umbes 7 minutit ning tugevaima töötlusega mardikad viibisid toidualal minimaalselt (Joonis 6).



**Joonis 6.** Dimetoaadi subletaalse kontsentratsioonide mõju metsa-süsijooksiku toidualal viibimise kohta 2 tunni vältel 2 päeva jooksul minutites. Erinevad tähed tulpade kohal tähistavad statistiliselt usaldusväärset erinevust töötluste vahel (ANOVA;  $p < 0,05$ ;  $N = 72-69$ ). Vertikaaljooned näitavad keskmiste standardviga.

Esimesel ja teisel päeval tarbisid kõige nõrgema töötlusega mardikad toitu sarnaselt kontrollmardikatele vahemikus 16–23 mg. Keskmise kontsentratsiooniga mardikad tarbisid esimesel päeval toitu kontrolliga võrdselt, kuid teisel päeval oli tarbitud toidu kogus kontrollmardikatega võrreldes poole väiksem ehk umbes 5 mg. Kõige tugevama töötlusega mardikad tarbisid aga nii esimesel kui ka teisel päeval kontrollmardikatest vähem toitu. Esimesel päeval umbes 1,25 korda vähem ja teisel päeval nad toitu ei tarbinud (Joonis 7).



**Joonis 7.** Danadimi subletaalsete kontsentratsioonidega töötlemise mõju toidu tarbimise kogusele metsa-süsijooksikul. Kahe tunni vältel tarbitud toidu kogust mõõdeti igas kahel päeval. Erinevad tähed tulpade kohal tähistavad statistiliselt usaldusväärset erinevust töötluste vahel (ANOVA;  $p < 0,05$ ;  $N=72-69$ ). Vertikaaljooned näitavad keskmiste standardviga.



## 4. ARUTELU

Käesolevas töös mõõdeti insektitsiidi Danadim subletaalseid kõrvalmõjusid metsa-süsijooksikutele. Töös tehtud katsed näitasid, et tulemused sõltusid suuresti insektitsiidi kontsentratsioonist ja töötlusele järgnenud ajast.

Varasemad katsetulemused fosfororgaanilise dimetoadiga on näidanud et vastava insektitsiidi mõju lokomotoorsele aktiivsusele avaldub hüperaktiivsusega keldrikakandil *Porcellio scaber* eksperimendi teisel päeval (Bayley, 1995). Käesolevas töös aga täheldati, et fosfororgaanilise insektitsiidi subletaalne mõju metsa-süsijooksiku põhikäitumistele avaldus juba katse esimesel päeval. Töös selgus, et kokkupuude insektitsiidiga muutis jooksiklased lokomotoorselt hüpoaktiivseteks. Kahel tugevamal kontsentratsioonil (0,005% ja 0,025%) esines hüpoaktiivsus mõlemal filmimise päeval. Kõige nõrgema kontsentratsiooniga töödeldud (0,0025%) katseloomad olid hüpoaktiivsed ainult esimesel päeval, teiseks päevaks olid nad muutunud hüperaktiivseteks. Sõltuvalt insektitsiidi klassist on nende mõju liikumisaktiivsusele erinev. Fosfororgaaniliste insektitsiidide subletaalne mõju erineb püretroidide ja neonikotinoidide toimest, sest viimaste nõrkade kontsentratsioonidega töödeldud katsemardikad muutusid vahetult pärast töötlust hüperaktiivseteks ning hiljem hüpoaktiivseteks (Tooming *et al.* 2014; Tooming *et al.* 2017).

Mõlemad tekkinud muutused lokomotoorses aktiivsuses on aga väga ohtlikud, sest hüperaktiivsed mardikad ei oska valida sobiva temperatuuriga elukeskkonda ning võivad kõrgetes temperatuurides kergesti hukkuda (Merivee *et al.* 2015; Tooming *et al.* 2017). Hüpoaktiivsus on samuti ohtlik, sest mardikate käitumine aeglustub, mille tagajärjel ei suuda nad endale toitu hankida ning muutuvad kergeks saagiks teistele röövputukatele (Kunkel *et al.* 2001).

Toitumisaktiivsus sõltus samuti Danadimi kontsentratsioonist ja töötlusele järgnenud ajast. Hüpoaktiivsete mardikate toitumine oli pärsitud nii esimesel kui teisel päeval. Eriti tähelepanuväärne oli see teisel päeval, mil kõikide töötlusrühmade tarbitud toidu kogus oli

kordades väiksem, kui kontrollmardikatel. Esimesel päeval paistsid silma madalaima kontsentratsiooniga töödeldud putukad, kes tarbisid sama koguse toitu kui kontrollloomad, ent kulutasid selleks kaks korda rohkem aega.

Pärsitud toitumis- ja liikumisaktiivsus tähendab seda, et ka nende bioefektiivsus langeb ning nad ei ole võimelised efektiivselt kahjureid hävitama ehk endale toitu hankima. Toitumine on aga väga oluline, sest sellest sõltub lisaks ellujäämisele ka jooksiklaste viljakus ning kui see on pärsitud, siis emased putukad munevad alla liigile omase munavaru (Knapp ja Uhnava, 2014). Samuti lühendab jooksiklaste pidev nälgimine nii vastsete kui ka valmikute eluiga (Young, 2008).

## 5. KOKKUVÕTE

Jooksiklased on taimekaitseliselt väga olulised mardikalised. Nad on hinnatud oma suure biotõrje efektiivsuse tõttu, hävitades põllukahjureid ning vähendades umbrohtude seemnepanka. Paraku puutuvad nad kokku putukamürkidega, mis on mõeldud kahjurputukate hävitamiseks, kuid võivad avaldavad mõju ka kasuritele. Käesoleva töö eesmärgiks oli selgitada fosfororgaanilise insektitsiidi Danadim subletaalsete kontsentratsioonide mõju metsa-süsijooksiku *P. oblongopunctatus* põhikäitumistele – lokomotsioonile ja toitumiskatiivsusele. Hüpoteese seati kaks – insektitsiidi Danadim subletaalsed kontsentratsioonid põhjustavad muutusi metsa-süsijooksiku lokomotoorses aktiivsuses ja insektitsiidi Danadim subletaalsed kontsentratsioonid pärssivad metsa-süsijooksiku toitumisaktiivsust.

Katsed viidi läbi metsa-süsijooksikutega. Katsemardikate töötlemiseks kasutati fosfororgaanilise insektitsiidi Danadim (toimeaine dimetoaat) erinevaid subletaalseid kontsentratsioone (toimeaine kontsentratsioonid 0,0025%; 0,005%; 0,025%). Jooksiklasi töödeldi sissekastmismeetodiga, mis kestis viis sekundit. Katsemardikate käitumist videofilmiti kahel järjestikusel päeval. Esimesel päeval koheselt pärast töötlust 4 tundi ning seejärel söögiga 2 tundi. Teisel päeval (24 tundi pärast töötlust) esimesed kaks tundi ilma söögita ning järgnevad kaks tundi söögiga. Mõlemal filmimise päeval ning järgneval neljal päeval jälgiti ka mardikate suremust.

Tulemused näitasid, et muutused käitumises ja toitumises sõltusid insektitsiidi kontsentratsioonist ja töötlusele järgnenud ajast. Kõige tugevama kontsentratsiooniga (0,025%) töödeldud mardikate toitumine ning lokomotoorne aktiivsus oli tugevalt häiritud, sest nad sõid ja liikusid kontrollmardikatega võrreldes minimaalselt. Keskmise kontsentratsiooniga (0,005%) töödeldud mardikad olid terve katse vältel hüpoaktiivsed. Töötluse mõju nende toitumiskatiivsusele avaldus alles teisel päeval, kus toidualas viibimise ajal erinevust ei olnud, ent tarbitud toidu kogus oli oluliselt väiksem. Kõige nõrgema kontsentratsiooniga (0,0025%) töödeldud mardikad muutusid esimesel päeval hüpoaktiivseteks, ent teisel päeval tarbisid nad kontrollmardikatega võrreldes sama palju

toitu, kuid hüpoaktiivsuse tõttu kulutasid selleks kaks korda rohkem aega ja energiat. Käesoleva katse lõpuks suri keskmise kontsentratsiooniga töödeldutest kaks ning tugevaima kontsentratsiooniga putukate arv vähenes lausa 15 võrra.

Mõlemad hüpoteesid leidsid kinnitust ning töö tulemuste põhjal saab kinnitada, et ka madalad dimetoaadi kontsentratsioonid avaldavad negatiivset mõju jooksiklaste põhikäitumistele – liikumis- ja toitumisaktiivsusele, ning sellest tulenevalt võib väheneda nende taimekaitseline efektiivsus.

## KASUTATUD KIRJANDUS

“Taimekaitsevahendite säästva kasutamise tegevuskava aastateks 2013–2017”. Põllumajandusministri käskkiri nr 57 (28.02.2013).

**Bayley, M.** (1995) Prolonged effects of the insecticide dimethoate on locomotor behaviour in the woodlouse *Porcellio scaber* Latr. (Isopoda). *Ecotoxicology* 4:79–90 lk.

**Bayley, M.** (2002). Basic behaviour: the use of animal locomotion in behavioural ecotoxicology, 211-230 lk.

**Bendahou, N., Bounias, M., Fléché, C.** (1999). Toxicity of cypermethrin and fenitrothion on the hemolymph carbohydrates, head acetylcholinesterase, and thoracic muscle  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  -ATPase of emerging honeybees (*Apis mellifera mellifera*. L). *Ecotoxicology Environmental Safety*. 44:139-146 lk.

**Buczacki, S., Harris, K.** (2010). Taimekahjurite ja haiguste käsiraamat. Tallinn: Varraks lk: 23-24; 39-40

**Dauterman, W. C., Viado, G. B., Casida, J. E., O'Brien, R. D.** (1960). Persistence of Dimethoate and Metabolites Following Foliar Application to Plants. *Agricultural and food chemistry* vol 8, no. 2, 115 – 119 lk.

**Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J.M.** (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review Entomology*. 52:81-106 lk.

**Eesti Keskkonnauuringute Keskus**, Taimekaitsevahendite jääkide sisalduse ja dünaamika uuring pinna- ja põhjavees  
[https://www.envir.ee/sites/default/files/taimekaitsevahendite\\_jaakide\\_sisalduse\\_ja\\_dunaamika\\_uuring\\_pinna-ja\\_pohjavees\\_2018.pdf](https://www.envir.ee/sites/default/files/taimekaitsevahendite_jaakide_sisalduse_ja_dunaamika_uuring_pinna-ja_pohjavees_2018.pdf) 10.04.2018

**GAC, Ed.** (2009). Lebensraumpräferenzen der Laufkäfer Deutschlands – Wissensbasierter Katalog. *Angewandte Carabidologie*, Supplement V.

**George, P. J. E. & Ambrose, D. P.** (2004). Toxic effects of insecticides in the histomorphology of alimentary canal, testis and ovary in a reduviid *Rhynocoris kumarii* Ambrose and Livingstone (Hemiptera: Reduviidae). *Journal of Advanced Zoology*. 25:46-50 lk.

**Giglio, A., Giulianini, P.G., Zetto, T., Talarico, F.** (2011). Effects of the pesticide dimethoate on a non-target generalist carabid, *Pterostichus melas italicus* (Dejean, 1828) (Coleoptera: Carabidae). *Italian Journal of Zoology*. 78, 471–477 lk.

**Goulet, H.** (2003). Biodiversity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in Canadian agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*. 83, 259–264 lk.

**Goulson, D.** (2013). An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *J Appl Ecol* 50:977–987 lk.

**Haberman, H.** (1968). Eesti jooksiklased. Tallinn, kirjastus "Valgus", 589 lk.

**Helle W., Overmeer W. P. J.** (1985). Toxicological Test Methods. – Spider mites their biology, natural enemies and control, 1, 391- 395 lk.

**Johnson, U. E., Cameron, R. S.** (1969). Phytophagous ground beetles. *Annals of the Entomological Society of America*, 62, 909-914 lk.

**KK2082:** Taimekaitsevahendite kasutamine põllumajanduslikes maapidamistes maakonna ja kultuuri järgi. *Eesti Statistika andmebaas*. <http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=KK2082&ti=TAIMEKAITSEVAHENDITE+KASUTAMINE+P%D5LLUMAJANDUSLIKES+MAJAPIDAMISTES+MAAKONNA+JA+KULTUURI+J%C4RG&path=../Database/Keskkond/07Pollumajanduskeskkond/&lang=2> 17.04.2018

**KK2085:** Turustatud taimekaitsevahendid toimeaine järgi. *Eesti Statistika andmebaas*. <http://andmebaas.stat.ee/Index.aspx?lang=et&DataSetCode=KK2085> 17.04.2018

**Knapp, M., Uhnová, K.** (2014). Body size and nutrition intake effects on fecundity and overwintering success in *Anchomenus dorsalis* (Coleoptera: Carabidae). *J Insect Sci*. doi:10.1093/jisesa/ieu102

**Kromp, B.** (1999). Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74(1–3), 187–228 lk.

**Kunkel, B. A., Held, D. W., Potter, D. A.** (2001). Lethal and sublethal effects of bendiocarb, halofenozide, and imidacloprid on *Harpalus pennsylvanicus* (Coleoptera: Carabidae) following different modes of exposure in turfgrass. *J. Econ. Entomol.*, 94, 1, 60–67 lk.

**Larochelle, A.** (1990). The food of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae, including Cicindelinae). *Fabreries, Supplément* 5, 132 lk.

**Löbl, I., Smetana, A.** (2003). Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 1: Archostemata–Myxophaga–Adephaga, 1st edn. ApolloBooks, Stenstrup, Denmark.

**Maaeluministeerium,** Taimekaitsevahendite jäägid <https://www.agri.ee/et/taimekaitsevahendite-jaagid> 10.04.2018

**Mauchline, A. L., Osborne, J. L., Powell, W.** (2004). Feeding responses of carabid beetles to dimethoate-contaminated prey. *Agricultural and Forest Entomology*. 6:99–104 lk.

**Merivee, E., Tooming, E., Must, A., Sibul, I., Williams, I.** (2015). Low doses of the common alphacypermethrin insecticide affect behavioural thermoregulation of the non-targeted beneficial carabid beetle *Platynus assimilis* (Coleoptera:Carabidae). *Ecotoxiocology and Environmental Safety*, 120, 286-294 lk.

**Papaefthimiou, C., Theophilidis G.** (2001). The cardiotoxic action of the pyrethroid insecticide deltamethrin, the azole fungicide prochloraz, and their synergy on the semi-isolated heart of the bee *Apis mellifera macedonica*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 69:77-91 lk

**Penu, P.** Põllumajandusuuringute keskus, mullaseire büroo. [http://www.maheklubi.ee/upload/Editor/Taimekaitsevahendite%20jäägid%20põllumuldades\\_Priit%20Penu.pdf](http://www.maheklubi.ee/upload/Editor/Taimekaitsevahendite%20jäägid%20põllumuldades_Priit%20Penu.pdf) 10.04.2018

**Pisa, L.W., Amaral-Rogers V., Belzunces, L. P.** (2015). Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environ Sci Pollut R* 22:68–102 lk.

**Prasifka, J.R., Lopez, M.D., Hellmich, R.L., Prasifka, P.L.** (2008). Effects of insecticide exposure on movement and population size estimates of predatory ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pest Management Science*. 64:30–36 lk.

**Põllumajandusamet,** Danadim® 40 EC Taimekaitsevahend Insektoakaritsiid [http://www.pma.agri.ee/download.php?getFile2=9508\\_10.04.2018](http://www.pma.agri.ee/download.php?getFile2=9508_10.04.2018)

**Roberts, T., Hutson, D.** (1999). Metabolic Pathways of Agrochemicals. Part 2: Insecticides and Fungicides. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK 274-281 lk.

**Saba F.** (1971). A simple test method for evaluating response to toxicants in mite populatios. – J. Econ. Entomol.. 64-321 lk.

**Scherney, F.** (1955). Untersuchungen über Vorkommen und wirtschaftliche Bedeutung räuberisch lebender Käfer in Feldkulturen. —Z. Pflanzenbau Pflanzenschutz, 2, 49–73 lk

**Schneider M. I., Smaghe, G., Pineda, S., Vinuela, E.** (2004). Action of insect growth regulator

- Silfverberg, H.** (2004). Enumeration nova Coleopterorum Fennoscandiae, Daniae et Baltiae, Sahlbergia 9, 1-111 lk.
- Stapel J. O., Cortesero A. M., Lewis W. J.** (2000). Disruptive sublethal effects of insecticides'
- Stephenson, G. R., Ferris, I. G., Holland, P. T., Nordberg, M.** ( 2006). GLOSSARY OF TERMS RELATING TO PESTICIDES. Pure Appl. Chem., Vol. 78, No. 11, 2075–2154 lk.
- Stoytcheva, M.** (2011). Pesticides - Formulations, Effects, Fate, InTech, Rijeka, 808 lk.
- Suchail, S., Guez, D., Belzunces, L. P.** (2001). Discrepancy between acute and chronic toxicity induced by imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*. Environ. Toxicol. Chem., 20, 11, 2482–2486 lk.
- Thiele, H. U.** (1977). Carabid Beetles in Their Environment. Zoophysiology and Ecology 10, Springer, Berlin, 369 lk.
- Thompson, H. M.** (2003). Behavioural effects of pesticides in bees: their potential for use in risk assessment. Ecotoxicology. 12:317-330 lk.
- Tooming, E., Merivee, E., Must, A., Merivee, M-I., Sibul, I., Nurme, K., Williams, I.,** (2017). Behavioural effects of the neonicotinoid insecticide thiamethoxam on the predatory insect *Platynus assimilis*. Ecotoxicology, 26 (7), 902–913 lk.
- Tooming, E., Merivee, E., Must, A., Sibul, I., Williams, I.** (2014). Sub-lethal effects of the neurotoxic pyrethroid insecticide Fastac® 50EC on the general motor and locomotor 60 activities of the non-targeted beneficial carabid beetle *Platynus assimilis* (Coleoptera: Carabidae). *Pest Manag. Sci.*, 70, 6, 959–966 lk.
- Van Toor R. F.** (2006). The effects of pesticides on Carabidae (Insecta: Coleoptera, predators of slugs (Mollusca: Gastropoda): literature review. N Z Plant Prot 59:208–216 lk.
- Yadav, I. C., Devi, N. L.** (2017) Pesticides Classification and Its Impact on Human and Environment. 140–158 lk.
- Young, O. P.** (2008). Body weight and survival of *Calosoma sayi* (Coleoptera: Carabidae) during laboratory feeding regimes. Ann Entomol Soc Am 101(1):104–112 lk.



## **LISA 1. Lihtlitsents**

### **Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

#### **ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Sandra Rannakivi, (20.05.1996)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Fosfororgaanilise insektitsiidi Danadim subltaalne mõju metsa-süsijooksiku põhikäitumistele.

mille juhendaja on Enno Merivee, Anne Must, Karin Nurme.

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

\_\_\_\_\_

allkiri

Tartu, 22.05.2018

#### **Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)